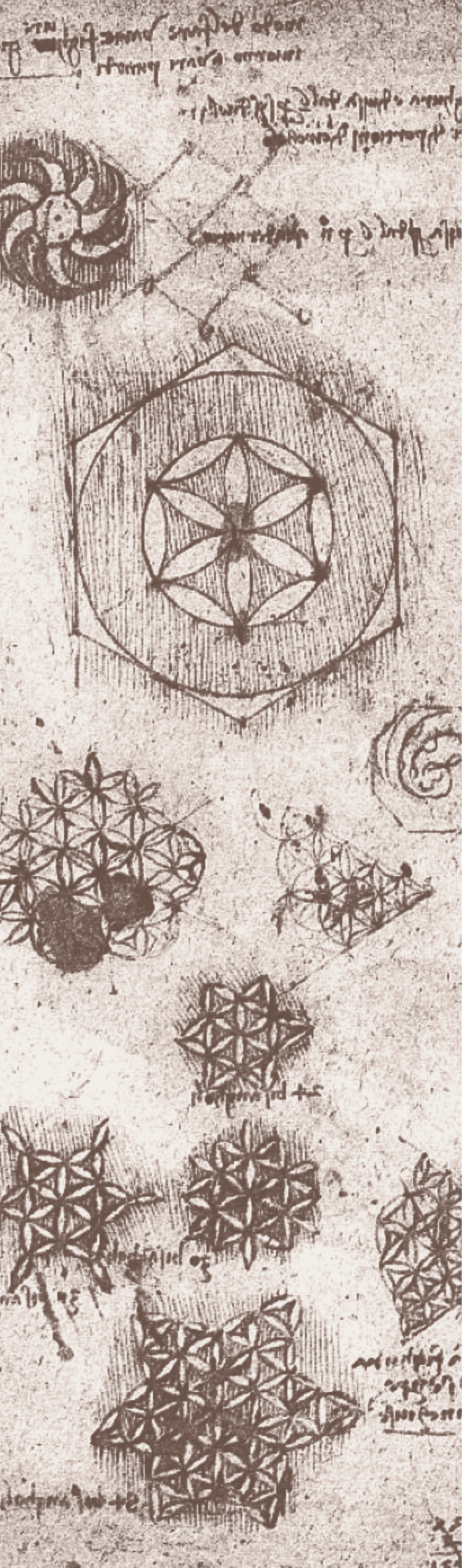
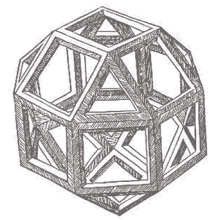




Leonardo y la geometría

Gonzalo Becerra Prado
Departamento de Teoría y Análisis

El placer más noble es el júbilo de comprender.
Leonardo da Vinci

El período histórico en el que vivió Leonardo da Vinci (1452-1519), está caracterizado por el redescubrimiento del mundo clásico, es en esta época donde se da una recuperación de los textos griegos y romanos, y con el estudio de ese pasado, los artistas fincaron sus obras y desarrollaron nuevos conocimientos. Sabemos que una gran parte del saber, matemático y de la geometría[1] del Renacimiento, también provino de mundo islámico a partir de la caída de Constantinopla.

Podemos mencionar como ejemplos notables, a inicios del Renacimiento, las obras de Leon Battista Alberti (1404-1472), quien escribe entre 1435 y 1436 *De pictura* (*El tratado de la pintura*), considerando como el primer tratado sobre la teoría de la pintura,[2] donde, además, se describe un método de perspectiva siguiendo los principios geométricos.

[1.] La palabra geometría proviene del griego y significa "medición de la tierra", antiguamente se ocupaba de la medición de los terrenos, práctica conocida como agrimensura que servía para la medición y construcción de edificios y la determinación de los límites de propiedades. Actualmente la geometría se refiere a una rama de las matemáticas que estudia las propiedades y las características de figuras en un plano o en el espacio y sus relaciones.

[2.] En esta época Cennino Cennini (c. 1370-c. 1440) escribe el famoso *Libro dell'arte* (*El libro del arte*), *c.* 1437, que resume la práctica pictórica medieval, pero que a diferencia del de Alberti, es más técnico que teórico.

Otra obra importante de Alberti escrita hacia 1450, es el libro *De re aedificatoria* (*El arte de edificar*) tratado de diez libros acerca de la arquitectura, realizado a la manera *De architectura libri decem* (*Los diez libros de la arquitectura*) de Marco Vitruvio Polión (arquitecto e ingeniero romano del siglo I a. C.). Un tratado más es, *De statua*, publicado en 1464 en el que Alberti define los procedimientos de la escultura, así como la teoría de las proporciones.

Respecto de los escritos de Leonardo, éstos se basaron, tanto en textos antiguos grecorromanos, como en los de sus contemporáneos y fueron realizados en cuadernos o códices con una escritura espectacular, acompañada con dibujos descriptivos de sus observaciones o inventos. En algunos escritos se dedicó de manera particular al tema de la geometría plana y espacial, en otros al estudio de las proporciones del cuerpo humano, a los principios de la perspectiva y utilizó, de manera elocuente y precisa, el dibujo geométrico para la descripción de artefactos de todo tipo como máquinas y armamento de guerra, así como para el diseño arquitectónico de fortalezas y templos.

De acuerdo con el pensamiento renacentista, se consideraba que los fenómenos naturales se establecían por relaciones matemáticas y eran explicables con principios geométricos, por lo que, mediante trazos o esquemas de las formas naturales, Leonardo trataba de comprender los diversos fenómenos de la física, mecánica, óptica, aerostática, astronomía, etcétera.

La geometría en los códices

Las referencias a la geometría se encuentran en diversos códices como el *Códice Forster,* una colección de tres cuadernos que fueron propiedad del escultor Pompeo Leoni (1533-1608), y que luego formaron parte de la colección de John Forster (1812-1876), quien los donó al Victoria and Albert Museum de Londres; contienen apuntes sobre ingeniería hidráulica, notas de geometría y bocetos varios, particularmente, los dibujos geométricos aparecen en el *Códice Forster I.*

Figura 1. Cuaderno de Leonardo da Vinci, *Códice Forster I.* Imagen tomada de: shorturl.at/ahij7 [3]

Los cuadernos fueron escritos en la época en que Leonardo estuvo en la corte de Milán al servicio de Ludovico Sforza "El Moro", entre 1482 y 1499. Contiene estudios sobre la geometría y medición de sólidos, así como de ingeniería hidráulica, con dibujos de instrumentos para hacer canales que muevan y eleven el agua.

El *Códice Arundel* (figura 2)[4] también contiene estudios de geometría, cuenta con 570 hojas de papel de varios tamaños, la mayoría de ellas de aproximadamente 22 x 16 cm. El códice abarca un período de cerca de 40 años de 1480 a 1518. Incluye, además de temas de geometría, apuntes de óptica, mecánica y arquitectura, también bosquejos sobre el vuelo, paracaídas, submarinos y automóviles. La colección es descrita por Leonardo como "una colección sin orden, extraída de muchos documentos, que he copiado aquí, con la esperanza de organizarlos más tarde en su lugar de acuerdo con los temas que tratan" (f.1r). La colección comenzó en la casa de Piero de Braccio Martelli en Florencia, hacia 1508, en donde da Vinci estudió geometría y los sólidos platónicos, así como la cuadratura del círculo.

[3] El *Códice Forster I*, ha sido digitalizado por el Victoria and Albert Museum (V&A) de Londres y se encuentra disponible en la página: shorturl.at/ahij7

[4] El *Códice Arundel* ha sido digitalizado por la British Library y se encuentra disponible en línea en la página: shorturl.at/rvM13

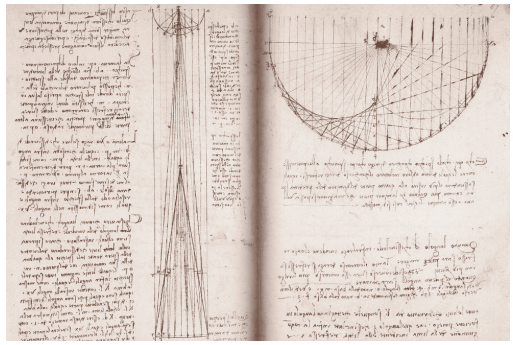


Figura 2. Estudios parabólicos para el aprovechamiento de la energía solar, *c.* 1513-1515, *Códice Arundel*, folios 86v, 87r. Tomado de: shorturl.at/ipuE3

El otro manuscrito donde se encuentran temas de geometría es el conocido como *Códice Atlántico* (figura 3),[5] una colección encuadernada con dibujos y escritos en doce volúmenes, que se encuentran en la Biblioteca Ambrosiana de Milán y contiene 1119 hojas que datan de 1478 a 1519, con diversos contenidos como el vuelo, armamento, instrumentos musicales, matemáticas y botánica.

Podemos imaginar que la mente de Leonardo resolvía casi todos los problemas a partir de las relaciones geométricas o matemáticas, su gran disciplina quedó plasmada en un sinnúmero de todo tipo de dibujos, donde, además, se muestra su gran capacidad de observación, y su expresión en modelos sumamente detallados de mecanismos o artefactos, o bien el registro de una teoría o exposición de un fenómeno, en donde destacan sus estudios sobre mecánica.

No obstante, muchas de sus invenciones no fueron desarrolladas por él, es decir, fueron manufacturadas en otra época, por ejemplo, sabemos del estudio del vuelo de las aves y la idea de crear un planeador, pero esto nunca se llevó a cabo, lo mismo sucedió con otros artefactos de tipo ingenieril o algunos con mecanismos de cierta precisión. Podemos observar que en todos esos diseños o modelos utilizó plenamente la geometría.

[5] El *Códice Atlántico* se encuentra disponible en internet en: shorturl.at/wOT17

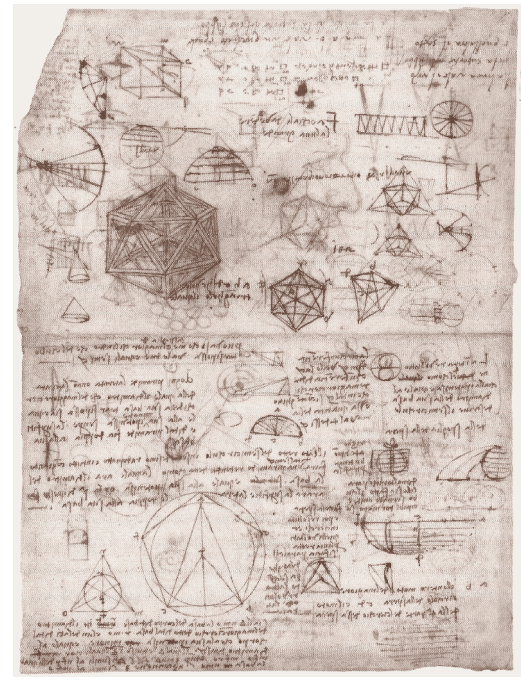


Figura 3. Estudios de geometría plana y tridimensional de Leonardo da Vinci, al centro dos dibujos de un icosaedro (sólido platónico). Así como un pentágono inscrito en un círculo, entre otras figuras, *Códice Atlántico*, f. 518r, pluma, tinta y lápiz negro.

El Tratado de la pintura

Siguiendo las obras de sus contemporáneos, da Vinci realizó, en hojas que no siguen un orden temático preciso, una recopilación de sus escritos acerca de la "ciencia de la pintura", tal vez con la idea de hacer un libro, estos textos fueron compilados después de su muerte, por su discípulo Francesco Melzi (hacia 1550). Posteriormente, los escritos se reunieron en el llamado *Códice de Urbino* 1270, de la Biblioteca Vaticana que consta de 944 párrafos o pequeños capítulos. La primera edición del *Trattato della pittura* (*Tratado de la pintura*) (figura 4) fue impresa en París en 1651 con ilustraciones de Nicolas Poussin, al cuidado de Rafael Du Fresne, a la que siguieron la edición de Diego Antonio Rejón de Silva en 1789, que incluye, además, los tres libros sobre la pintura de Leon Battista Alberti; la edición de H. Ludwig (Viena, 1882) y la de Angelo Borzelli (Lanciano, 1914).

TRATTATO
DELLA PITTVRA
DI LIONARDO
DA VINCI,
Nouamente dato in luce, con la vita dell'istesso autore, scritta
DA RAFAELLE DV FRESNE.
Si sono giunti i tre libri della pittura, & il trattato della statua di Leon Battista Alberti, con la vita del medesimo.
IN PARIGI,
Appresso GIACOMO LANGLOIS, stampatore ordinario del rè Christianissimo, al monte S. Genouefa, dirimpetto alla fontana, all'insegna della Regina di pace.
M. DC. LI
CON PRIVILEGIO DEL RE.

Figura 4. Primera edición del *Tratado de la pintura* (1651). Tomado de: shorturl.at/biY23.

El Tratado contiene reflexiones, consejos y teorías relacionadas con la pintura, entre esos escritos, refiriéndose a la geometría, da Vinci menciona lo siguiente:

> Llámase ciencia a aquel discurso de la mente que tiene su origen en principios últimos, más allá de los cuales nada puede encontrarse en la naturaleza que forme parte de esa misma ciencia, tal como ocurre con la cantidad continua, es decir: la ciencia geométrica, que, comenzando por la superficie de los cuerpos, encuentra su principio en la línea, límite de esa superficie.[6]

Podemos a preciar que las preocupaciones teóricas de da Vinci sobre la geometría se ubican desde el origen del punto, dónde diferencia claramente las concepciones sobre lo material y lo propiamente geométrico, al respecto nos dice en el *Tratado de la pintura*:

> ...sabemos que la línea tiene su límite en el punto. De ahí que el punto sea el principio primero de la geometría; y ninguna otra cosa ha de ser, ya en la naturaleza, ya en la mente humana, que pueda dar principio al punto. Y si tú me dices que se crea un punto al contacto de las mas aguzada de las plumas sobre una superficie, te contestaré que no es cierto, que tal contacto engendra una superficie en torno a un centro y que es en ese centro donde reside el punto. Punto tal no participa de la materia de esa superficie, y ni él ni todos los puntos del universo podrían, aun reunidos, componer parte alguna de una superficie. [7]

Parte importante de la comprensión de da Vinci de las formas naturales fueron el estudio de las proporciones del cuerpo humano y de los animales (especialmente del caballo como estudio para una escultura en honor de Francesco Sforza que, sin embargo, no se realizó). Así mismo, sus estudios abarcaron la óptica, la perspectiva rectilínea, el estudio de las sombras de los cuerpos y la geometría, misma que le sirvió para el estudio de los movimientos astronómicos, la aerodinámica, la ingeniería, la cartografía, la arquitectura, además de su utilización para sus artefactos y esquemas.

Sobre la perspectiva

En el *Tratado de la pintura* el maestro florentino le dedica una buena parte al tema de la perspectiva, [8] y sus estudios dan continuidad a los trabajos de algunos de sus predecesores, como el arquitecto y

6. Leonardo da Vinci, *Tratado de pintura*, Editora Nacional, Madrid, 1980, (Biblioteca de la Literatura y el Pensamiento universales), p. 31.

7. *Idem*, pp. 31-32.

8. El término perspectiva, del latín, *perspicere*, significa "para ver a través de" y se utiliza en el dibujo y la pintura para la representación sobre una superficie plana (papel o lienzo), de un motivo que es percibido en forma tridimensional. Desde el punto de vista geométrico, es la representación que se obtiene a partir de la intersección de un plano (el plano del dibujo) con un conjunto de líneas rectas o rayos que unen los puntos del motivo representado, con el punto de vista del observador.

escultor Filippo di Ser Brunelleschi (1377-1446); Masaccio (1410-1428), pintor italiano quien fue el primero en aplicar a la pintura los principios de Brunelleschi; el pintor Paolo Uccello (1397-1475), quien se destacó en la aplicación de la perspectiva al arte. Además, los estudios de Leonardo son comparables a los realizados por sus contemporáneos: el arquitecto Leon Battista Alberti (1404-1472), quien hace la primera definición de la perspectiva científica en el ya mencionado tratado *De pictura*, Piero della Francesca (1415-1492), quien además de pintor, fue geómetra, matemático y escribió, a partir de Alberti, sobre la perspectiva en su tratado *De prospectiva pingendi* (*Sobre la perspectiva para pintar*), primer manual de dibujo dedicado a pintores; así como el pintor y grabador alemán Alberto Durero (1471-1528)[9], quien además de sus estudios sobre las proporciones del cuerpo humano se interesó por la geometría y la perspectiva.

Por sus obras inconclusas y por los bocetos preparatorios de sus pinturas, sabemos lo minucioso que era da Vinci, tanto para la anatomía humana, como para la perspectiva de sus obras como se muestra en la *Adoración de los Magos* (figura 5), donde el dibujo de la perspectiva es grandioso, así como en *La última cena* (figura 6), donde el pintor florentino crea una visión prolongada del espacio, a partir de la propia perspectiva de la sala donde fue pintado el mural (refectorio del convento de Santa Maria delle Grazie, en Milán, Italia) (figura 7), mediante la perspectiva lineal o de un punto de fuga, por mencionar sólo estás dos obras, la primera (inconclusa) realizada en los inicios del pintor (entre 1481 y 1482) y la última, con mayor madurez (entre 1495 a 1498).

En el *Tratado de la pintura*, el creador de *La última cena* define tres tipos de perspectivas, de la siguiente manera:

9. Durero realizó estudios, de manera similar a los de Leonardo, que abarcaron, la fortificación de ciudades y fortalezas, así como el uso del compás y la escuadra para medir cuerpos sólidos. También fue un extraordinario diseñador que realizó el trazo de un alfabeto latino y otro gótico.

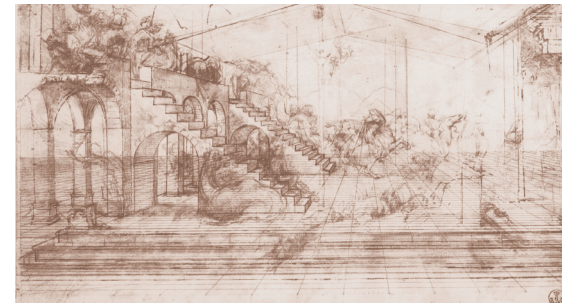


Figura 5. Perspectiva para la *Adoración de los Magos, c.* 1418, pluma, lavado de tinta marrón y blanco de plomo con trazos de punta metálica sobre papel, 163 x 290 mm, Florencia, Gabinete de dibujos y estampas de los Uffizi, inv. 436.

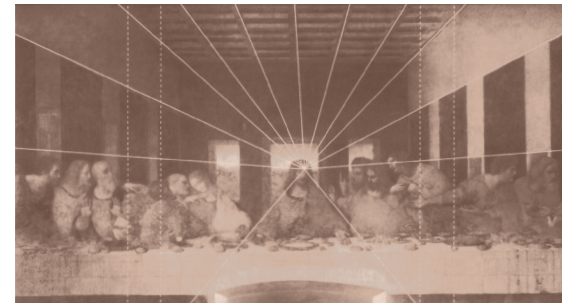


Figura 6. Perspectiva de *La última cena* de Leonardo. Tomado de: Stephen Skinner, *Geometría sagrada. Descifrando el código*, Gaia ediciones, Madrid, 2007, pág. 147.

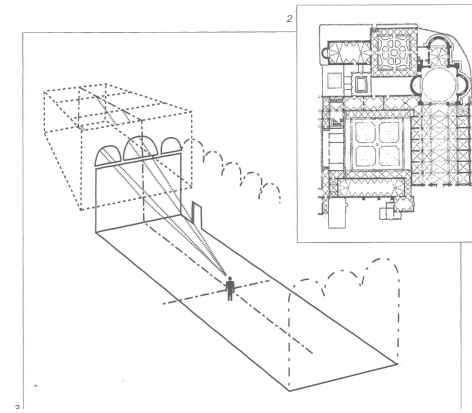


Figura 7. Esquema de perspectiva utilizado por Leonardo para crear la ilusión de profundidad del cuadro *La última cena*, Santa Maria delle Grazie en Milán. Imagen tomada de: Cristina García Ríos (trad.), *Leonardo: arte y ciencia, las máquinas*, Susaeta, Madrid, 2003, (Atlas ilustrado), p. 42.

> Tres son las perspectivas: la primera trata de las razones por las que decrecen las cosas que se alejan del ojo, y llámase perspectiva menguante; la segunda entiende de cómo los colores varían a medida que se alejan del ojo, y la tercera y última comprende la afirmación de qué tanto más indefinidos resultarán los objetos cuanto más se alejen. Estos son los nombres:
>
> Perspectiva lineal.
> Perspectiva de color.
> Perspectiva menguante. [10]

En otro párrafo da Vinci precisa al respecto:

> Tres son las partes de la perspectiva de que se sirve la pintura; de ellas, la primera entiende de la pérdida de tamaño de los cuerpos opacos. La segunda, de la mengua y pérdida de contorno de esos mismos cuerpos opacos. La tercera, de la mengua y pérdida de color a gran distancia. [11]

Las dos últimas perspectivas descritas por da Vinci contribuyen a la representación pictórica, ya que, a medida que se van alejando los objetos de la vista del espectador, es cada vez mayor su indefinición y hay cambios del color, ambos efectos causados por la densidad del aire. [12]

Desde la práctica, el maestro florentino describe en el mismo *Tratado*, un procedimiento para la realización de una perspectiva y dice:

> ...hay algunos que, a través de vidrios, papeles o velos transparentes, contemplan las obras de la naturaleza y las dibujan sobre superficies translúcidas; las perfilan luego añadiendo aquí y allá según las leyes de la proporción, y las llenan de claroscuro, señalando la posición, intensidad y forma de las sombras y luces. [13]

En el *Códice Atlántico* aparece el dibujo de un perspectógrafo o artefacto para hacer perspectivas, que consiste en dos marcos, el primero más cercano al dibujante, con un orificio donde observa el objeto, desde un punto de vista fijo, y un segundo cuadro donde se traza el dibujo, seguramente en una superficie traslúcida; con ello se realiza la perspectiva sobre un plano con una visión cónica (figura 8). Dicho procedimiento, sin embargo, ya había sido planteado por Alberti en su tratado *De pictura* y, posteriormente, Durero

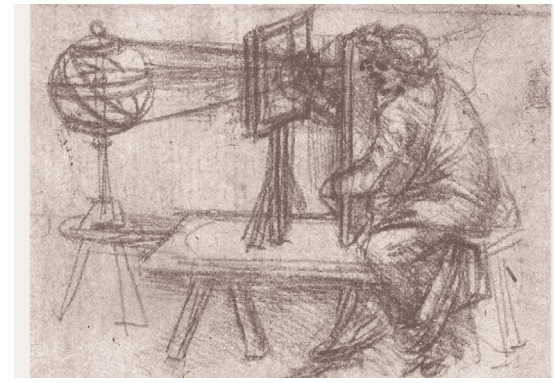


Figura 8. Dibujo de Leonardo de un perspectógrafo (detalle) *Códice Atlántico*, folio 5r. Tomado de *Leonardo da Vinci y el secreto del Códice Atlántico*, Marco Navoni, Blume, Barcelona, 2012, p. 102.

Figura 9. Perspectógrafo, xilografía de Alberto Durero, 8 x 22 cm, Graphische Sammlung Albertina, Viena, 1525. Imagen tomada de: Dan Pedoe, *La geometría en el arte*, Gustavo Gili, Barcelona, 1979, (Colección Punto y Línea), p. 141.

10. *Tratado de la pintura*, op. cit., p. 96.
11. *Idem*., p.97.
12. Actualmente la perspectiva se clasifica en cónica con uno o varios puntos de fuga y axonométrica, dividida a su vez en ortogonal (isométrica, dimétrica, trimétrica) y oblicua (caballera, militar).
13. *Tratado de la Pintura, op, cit*., p. 80.

perfecciona las "máquinas de perspectiva", una de ellas aparece en el tratado sobre geometría y perspectiva publicado por primera vez en alemán con el título *Underweysung der Messung…*(Los cuatro libros de la medida) en 1525 (figura 9).

El Hombre de Vitruvio

Quizá el esquema de proporciones del cuerpo humano más famoso en la historia es el llamado *Hombre de Vitruvio* (figura 10), dibujo de Leonardo que influyó mucho en épocas posteriores y que estableció un canon del cuerpo humano.

El dibujo fue realizado hacia 1490, con notas en la parte superior e inferior de la imagen, es una figura masculina desnuda con dos posiciones sobrepuestas en brazos y piernas y está inscrita en una circunferencia y un cuadrado (*ad quadratum y ad circulum*), método constructivo utilizado en la arquitectura y el arte que parte de las proporciones del cuadrado, utilizado en los estilos arquitectónicos como el de la antigua Roma y el gótico, en el diseño de templos y catedrales con una distribución de columnas, arcos y alturas de bóvedas a partir del cuadrado. Da Vinci utiliza el *circulum* (centrado en el ombligo) que simboliza el mundo espiritual y el *quadratum* (centrado en los genitales) que se interpreta como el mundo físico; el hombre como la perfección de la naturaleza, el centro del universo. Leonardo se basó en las proporciones descritas en el tratado más antiguo que se conoce *De architectura* (*Los diez libros de la arquitectura*) escrito por Marco Vitruvio Polión, arquitecto e ingeniero de la antigua Roma del siglo I a.C. del cual el dibujo toma su nombre.

El tratado de Vitruvio no contiene imágenes, sólo la descripción de las proporciones del cuerpo, de la cual da Vinci tomará los datos y hará ajustes en el dibujo. No obstante que existen otras interpretaciones previas, como la de Francesco di Giorgio Martini (1439-1502), arquitecto, ingeniero, pintor y escultor italiano, de la primera traducción del tratado de Vitruvio realizada en los años (1470-1480), la de Leonardo es la mejor lograda.

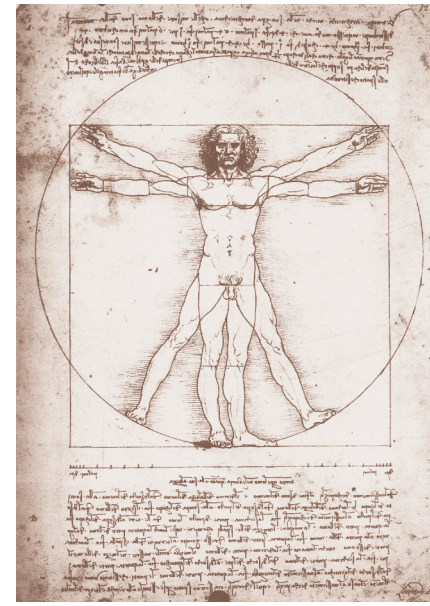


Figura 10. *Hombre de Vitruvio*, Leonardo da Vinci, hacia 1490. Pluma, tinta, acuarelas y punta de plata sobre papel, 343 x 245 mm, Galería de la Academia de Venecia.

El *Hombre de Vitruvio* ha trascendido en la historia debido al gran acierto de expresar el cuerpo en tensión dinámica, gracias a la excelencia del trazo y la representación anatómica de los músculos, además de lograr, de manera combinada la inscripción del hombre, tanto en el círculo como en el cuadrado, a lo que agregamos, la gran calidad del dibujo, realizado en una técnica mixta, mismo que se ha convertido, desde su creación hasta la actualidad, en modelo de proporción perfecta, en el canon por excelencia, al cual se le han atribuido un gran número de simbolismos.

Las ilustraciones de Leonardo en *La divina proporción*

La amistad que cultivó Leonardo da Vinci con Fray Luca Pacioli (*c.* 1445-1517), matemático, economista, contador y profesor italiano (figura 11), a quien conoce durante su estancia en Milán en la corte de Ludovico "El Moro", lo llevó a colaborar en su gran obra *De divina proportione* (*La divina proporción*), escrita entre 1496 y 1498,

y publicada en 1509, misma que trata sobre la proporción áurea,[14] llamada por Pacioli *Divina*, misma que fue conocida por los artistas de la época y tuvo un importante papel para la pintura y la arquitectura; también analiza los teoremas de Euclides relacionados con la proporción y estudia los poliedros regulares e irregulares. Da Vinci realizó 60 ilustraciones, tanto de su estructura, como de su forma sólida (figura 12), e incluso participa en el diseño de 23 capitulares que aparecen en la obra, diseñadas precisamente, mediante la proporción áurea (figura 13).

Leonardo y la proporción áurea

Sabemos de la gran admiración que Da Vinci tenía por las matemáticas, ya que en uno de sus cuadernos escribió: "No existe ciertamente nada donde las ciencias matemáticas no puedan ser aplicadas".[15] Es por ello que nos preguntamos el por qué no hay textos relacionados con la proporción áurea, es curioso que no existan escritos sobre la famosa proporción, podría ser que él no se interesó en escribir al respecto después de la magna obra de Luca Pacioli, o porque desaparecieron sus apuntes en algún momento, como muchos otros, lo cierto es que no hay duda de su estrecha colaboración con el maestro Pacioli y con su obra.

Las obras de Leonardo fueron cuidadosamente planeadas, como se aprecia en sus dibujos preparatorios, en cuanto a la anatomía y gestualidades de los personajes, la resolución de los drapeados y la aplicación de técnicas como el *contrapposto* y el *sfumato*. Respecto de la geometría, hemos visto cómo utilizó la perspectiva para la composición de sus cuadros y con seguridad, la sección áurea, no obstante que ésta

Figura 11. *Retrato de Fray Luca Pacioli y un joven desconocido*, atribuido a Jacopo de Barbari, c. 1495, óleo sobre madera, Museo Nacional de Capodimonte, Nápoles. Tomado de: Cristina García Ríos (trad.), *Leonardo: arte y ciencia, las máquinas*, Susaeta, Madrid, 2003. P. 174.

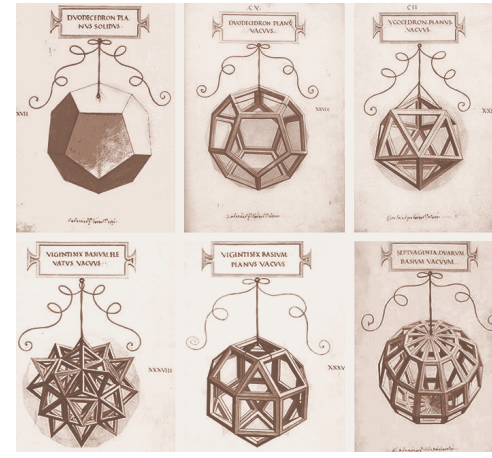


Figura 12. Sólidos platónicos y de Arquímedes dibujados por da Vinci para la *De Divina Proportione* de Luca Pacioli, 1509. Tomado de: shorturl.at/sCHKS

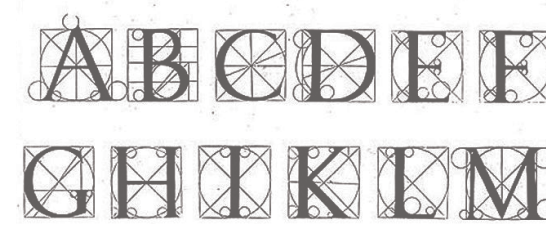


Figura 13. Diseño tipográfico publicado en *De Divina Proportione*, 1509, en el cual participa Leonardo da Vinci.

[14] Principio geométrico presente que aparece en los *Elementos de geometría* de Euclides, escrito alrededor de 300 años a. C., que en términos numéricos se expresa en la relación de 1: 0.618, es decir, el número de oro o divino (*phi*).

[15] Royal Library, *Códice Windsor*, 191b.

última no es explícita. Sin embargo, si hacemos un análisis de sus obras, descubrimos estructuras geométricas rigurosas, que dan cuenta del genio del artista florentino.

Podemos inferir que da Vinci conocía a profundidad la proporción áurea, incluso antes de conocer a Pacioli, ya que tuvo acceso a textos antiguos como los de Arquímedes, Euclides y Platón y existen, en sus cuadernos, claras referencias a estos pensadores.

Para confirmar lo anterior, observamos que en un folio del *Códice Atlántico* (f. 849v.) aparece un esquema geométrico, que analizándolo, corresponde exactamente a la proporción áurea, como podemos ver en las figuras 14 (dibujo de Leonardo), 15 (método de división de un segmento en proporción áurea), 16 (proposición euclideana conocida como la "división de un segmento en media y extrema razón", es decir, cuando en la división de un segmento, la parte menor, es a la mayor, como la mayor es al todo, la proporción áurea) y, 17 (comprobación geométrica del trazo de da Vinci, analizado a partir de las dos figuras anteriores).

En el caso del dibujo de Leonardo, el radio del círculo se divide en proporción áurea y, justo en este punto, se levanta un cuadrado que tiene de lado, también, una proporción áurea. Así mismo, el rectángulo trazado por debajo del medio círculo tiene una correspondencia con la proposición de Euclides y, por tanto, con la proporción áurea, como se aprecia en el dibujo analizado.

La Flor de la vida

Una mención más sobre la geometría es la *Flor de la vida*, forma que tiene como origen la *vesica piscis* (vejiga de pez en latín), figura hecha con dos círculos del mismo radio que se intersecan de manera en el que el centro de cada círculo está en la circunferencia del otro (figura 18) trazo conocido en varias culturas desde tiempos remotos, que da Vinci retoma para motivos ornamentales como el que vemos al inicio de este artículo, donde la *Flor* aparece inscrita en un círculo, que a su vez está en un círculo mayor, inscrito en un hexágono.

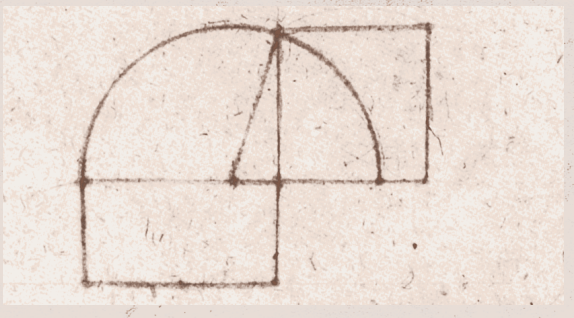
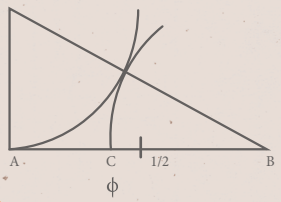
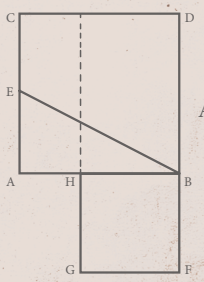


Figura 14. Dibujo de Leonardo, *Códice Atlántico*, folio 849v (fragmento), pluma y tinta, realizado hacia 1513-1517.



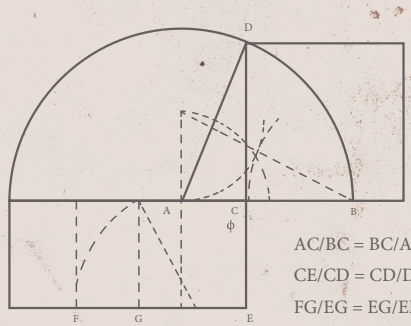
AC/BC = BC/AB

Figura 15. Método de división de una recta en proporción áurea.



AH/BH = BH/AB

Figura 16. Proporción II. 11 de Euclides, relacionada con la proporción áurea.



AC/BC = BC/AB
CE/CD = CD/DE
FG/EG = EG/EF

Figura 17. Análisis del dibujo de da Vinci, a partir de las dos anteriores figuras. Comprobación de las proporciones del segmento del radio del círculo y las proporciones del cuadrado y del rectángulo de la imagen original.

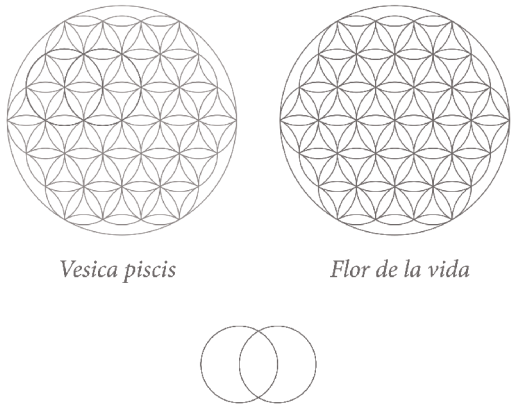


Figura 18. Desarrollo geométrico de la *Flor de la vida* a partir de la *Vesica piscis*.

Como hemos visto en este artículo, las referencias a la geometría en los cuadernos de Leonardo da Vinci son muchas y tienen diversos propósitos: estudios de perspectiva, de geometría plana y espacial, dibujos basados en el círculo y el cuadrado, figuras tridimensionales, e incluso el diseño de un alfabeto en proporción áurea, o bien la geometría como ejercicio en la descripción de planos y diseños arquitectónicos, instrumentos, artefactos, máquinas o invenciones. Lo cierto es que sin la geometría no podríamos apreciar la vasta obra de este gran pintor, científico y matemático que abrió el camino para muchos pensadores de la época y de la actualidad, una mente brillante adelantada a su tiempo.

REFERENCIAS

Alberti, Leon Battista, *Tratado de pintura*. UAM Azcapotzalco, México, 1998.

Bouleau, Charles, *Tramas. La geometría secreta de los pintores,* Akal, Madrid, 2006, (Arte y estética).

Da Vinci, Leonardo, *Tratado de pintura*, Editora Nacional, Madrid, 1980, (Biblioteca de la Literatura y el Pensamiento universales).

Denizeau, Gérard, *Leonardo da Vinci: El genio visionario*, Larousse, México, 2018.

Field, D.M., *Leonardo da Vinci*, Editorial Lisma, Madrid, 2006.

García Ríos, Cristina (trad.), *Leonardo. Arte y ciencia, las máquinas*, Susaeta, Madrid, 2003, (Atlas ilustrado).

Hemenway, Priya, *El código secreto: la misteriosa fórmula que rige el arte, la naturaleza y la ciencia*, Evergreen, Barcelona, 2008.

Kiecol, Daniel, *Leonardo da Vinci*. Konemann, Barcelona, 2017.

Livio, Mario. *La proporción áurea. La historia de phi, el número más sorprendente del mundo*, Ariel, Barcelona, 2007.

Meismer, Gary, *La proporción áurea. La divina belleza de las matemáticas*, Librero, Madrid, 2019.

Navoni, Marco, *Leonardo da Vinci y el secreto del Códice Atlántico*, Blume, 2012.

Pacioli, Luca, *La Divina Proporción*, Traducción de Juan Calatrava, Akal, Madrid, 2008.

Pedoe, Dan, *La geometría en el arte*, Gustavo Gili, Barcelona, 1979, (Colección Punto y Línea).

Skinner, Stephen, *Geometría sagrada. Descifrando el código*, Gaia Ediciones, Madrid, 2007.

Wade, David, *Geometría y arte. Influencias matemáticas durante el Renacimiento*, Librero, Madrid, 2017.

EN INTERNET

Códice Atlántico, shorturl.at/yBCO3

El Tratado de La Pintura por Leonardo da Vinci, y los tres libros que sobre el mismo arte escribió *León Bautista Alberti, traducidos e ilustrados con algunas notas por Don Diego Antonio Rejón de Silva*. shorturl.at/akqKW

En busca de la razón del mundo: Leonardo, matemáticas y visualidad. J. Rafael Martínez E. shorturl.at/yDHIU

Explore Leonardo da Vinci's notebook: *Codex Forster I*, Victoria and Albert Museum (V&A) shorturl.at/itKU7

Petrus Pictor Burgensis (Piero della Francesca) *De Prospectiva Pingendi* shorturl.at/ktNOZ

Tratado de pintura de León Battista Alberti shorturl.at/kPQZ9